

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

راهنمای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای در مناطق شهری

دکتر سعید هاشمی طباطبائی

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

دکتر سید محمود فاطمی عقدا

(عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی)

دکتر علی بیت‌اللهی

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

مهندس نریمان سعید

مهندس اشکان محمدی

امیر سعید سلامت

گزارش تحقیقاتی

شماره نشر: گ- ۶۷۵

چاپ اول: ۱۳۹۲

عنوان و نام پدیدآور	راهنمای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای در مناطق شهری / سعید هاشمی طباطبائی... (و دیگران).
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۶ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۳۹۲-۱۴-۲
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	سعید هاشمی طباطبائی، سید محمود فاطمی عقدا، علی بیت‌اللهی، نریمان سعید اشکان محمدی، امیر سعید سلامت.
یادداشت	کتابنامه
موضوع	زمین‌شناسی مهندسی -- نقشه‌ها
موضوع	مناطق زلزله‌خیز
شناسه افزوده	هاشمی طباطبائی، سعید، ۱۳۳۹-
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
ردیف‌بندی کنگره	۱۳۹۲: ۵/۲۵: ۷۴۰.۵/۲۵: ۷۴۰.۵/۲۵
ردیف‌بندی دیوبی	۶۲۲/۱۵۱
شماره کتابشناسی ملی	۳۱۵۳۰۰۲

مصوبه شماره ۹۱/۷۵۵ جاب کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

راهنمای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی برای ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای در مناطق شهری

دکتر سعید هاشمی طباطبائی، دکتر سید محمود فاطمی عقدا، دکتر علی بیت‌اللهی،

مهندس نریمان سعید، مهندس اشکان محمدی، امیر سعید سلامت

شماره نشر: گ - ۶۷۵ چاپ اول: ۱۳۹۲

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

تنظیم برای چاپ: نسرین مقدس

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۲۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه فضل‌لنوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،

خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

صفحه الکترونیکی: <http://www.bhrc.ac.ir>

پست الکترونیکی: president@bhrc.ac.ir

پیشگفتار

سوانح طبیعی، همیشه خطری جدی برای توسعه جوامع به شمار می‌روند. با وقوع یک سانحه طبیعی، حاصل سرمایه‌گذاری‌های طولانی به ناگهان نابود شده و صنایع ارزشمند از بین می‌رود و با کاهش تولید کالاها و خدمات، کاهش بیشتری در منابع توسعه حاصل می‌گردد. پهنه لرزه‌خیز ایران زلزله‌های مهیب زیادی را تجربه کرده است و این موضوع حساسیت مدیران، مهندسان و حتی افراد عادی را نسبت به خطر زلزله تشدید کرده است. خرابی‌ها و صدمات وارده به ساختمان‌ها و تأسیسات شهری در زمین‌لرزه‌های مخرب عمدتاً تابع شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی بستر آبرفتی شهر است و ساختار پیچیده زمین موجب بروز رفتارهای متفاوتی در هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌شود. به منظور شناخت این پیچیدگی‌ها و آثار آنها نیاز به مطالعات و تحقیقات احساس می‌شود. مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای امروزه به عنوان برنامه‌ریزی بنیادی پژوهش در بلایای طبیعی تلقی می‌شود که یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی در مناطق شهری است. نتیجه این مطالعات عموماً در قالب نقشه‌هایی ارائه می‌شود که نقش دانش زمین‌شناسی مهندسی در تهیه آنها نباید نادیده انگاشته شود. از میان مراحل مختلف مطالعه ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای، نتایج مطالعات زمین‌شناسی ژئوفیزیک و ژئوتکنیک را می‌توان به صورت نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی با هدف ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری ارائه نمود که این نقشه‌ها در واقع یکی از ارکان اصلی مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای می‌باشد.

یکسان‌سازی فرآیند تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی با هدف ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای، نیاز مبرمی به تهیه یک دستورالعمل واحد دارد و با توجه به اینکه مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای یکی از اولویت‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی است، تهیه این راهنما در دستور کار بخش ژئوتکنیک این مرکز قرار گرفت. راهنمای حاضر مقدمه‌ای برای تدوین دستورالعمل جامع مطالعات ریزپهنه‌بندی در مناطق شهری می‌باشد و امید است با تکمیل این راهنما بتوان به این مهم دست‌یافت.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فصل اول: کلیات

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	حدود و کاربرد	۳
۳-۱	نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی	۳
۱-۳-۱	مقیاس	۵
۲-۳-۱	تفکیک‌پذیری	۵
۴-۱	نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی با هدف ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در مناطق شهری	۵
۱-۴-۱	کاربرد	۶
۵-۱	ابعاد شبکه‌های اطلاعاتی	۶
۱-۵-۱	مقیاس	۶
۶-۱	نقشه پایه	۶

فصل دوم: مطالعات زمین‌شناسی

۱-۲	مقدمه	۷
۲-۲	تعاریف و مفاهیم کاربردی	۷
۱-۲-۲	زمین ریخت‌شناختی	۷
۲-۲-۲	هوازنگی	۸
۲-۲-۲	توپوگرافی	۸
۴-۲-۲	چینه‌شناسی	۸
۵-۲-۲	رسوب‌شناسی	۸
۶-۲-۲	تکتونیک	۸
۱-۶-۲-۲	درزه‌ها	۸
۲-۶-۲-۲	گسل‌ها	۸



- ۲-۲-۶-۳ چین‌ها ۸
- ۲-۲-۷ زمین‌آشناسی ۹
- ۲-۳ جمع‌آوری اطلاعات موجود ۹
- ۲-۳-۱ شناسایی منابع موجود ۹
- ۲-۳-۲ طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز ۹
- ۲-۴ مطالعات تکمیلی ۱۰
- ۲-۴-۱ مقدمه ۱۰
- ۲-۴-۲ تهیه نقشه‌های توپوگرافی ۱۰
- ۲-۴-۳ تهیه عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای ۱۰
- ۲-۴-۴ بازدیدهای صحرایی ۱۰
- ۲-۴-۵ زمین ریخت شناسی ۱۰
- ۲-۴-۵-۱ هوازگی ۱۱
- ۲-۴-۵-۲ آب‌های جاری ۱۱
- ۲-۴-۵-۳ زلزله ۱۱
- ۲-۴-۵-۴ حرکات دامنه‌ای ۱۲
- ۲-۴-۶ چینه‌شناسی ۱۲
- ۲-۴-۷ رسوب‌شناسی ۱۲
- ۲-۴-۸ زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک ۱۲
- ۲-۴-۸-۱ چین ۱۲
- ۲-۴-۸-۲ گسل ۱۲
- ۲-۴-۸-۳ درزه‌ها ۱۴
- ۲-۴-۹ زمین‌آشناسی ۱۴
- ۲-۵ تفسیر نتایج و اطلاعات حاصل ۱۴

فصل سوم: مطالعات ژئوفیزیک

- ۳-۱ مقدمه ۱۵
- ۳-۲ تعاریف و مفاهیم کاربردی ۱۶



- ۱-۲-۳ ژئوالکتریک..... ۱۶
- ۲-۲-۳ روش سونداژ الکتریکی..... ۱۶
- ۳-۲-۳ روش پروفیل زنی الکتریکی (پروفایلینگ)..... ۱۶
- ۴-۲-۳ ژئوسیسیمیک..... ۱۶
- ۵-۲-۳ روش شکست مرزی..... ۱۶
- ۶-۲-۳ روش درون‌چاهی..... ۱۶
- ۷-۲-۳ سنگ بستر لرزه‌ای..... ۱۶
- ۸-۲-۳ میکروترمورها..... ۱۷
- ۳-۳ جمع‌آوری اطلاعات موجود..... ۱۷
- ۱-۳-۳ شناسایی منابع موجود..... ۱۷
- ۲-۳-۳ طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز مطالعات ژئوالکتریک..... ۱۷
- ۳-۳-۳ طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز مطالعات ژئوسیسیمیک..... ۱۷
- ۴-۳-۳ طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز مطالعات میکروترمورها..... ۱۷
- ۴-۳ مطالعات تکمیلی..... ۱۸
- ۱-۴-۳ مطالعات ژئوالکتریک..... ۱۸
- ۲-۴-۳-۱-۱ مقدمه..... ۱۸
- ۳-۴-۳-۱-۲ سونداژ الکتریکی قائم..... ۱۸
- ۴-۴-۳-۱-۳ روش پروفیل زنی الکتریکی..... ۱۸
- ۵-۴-۳-۱-۴ اندازه‌گیری‌های صحرایی..... ۱۹
- ۶-۴-۳-۱-۵ تفسیر نتایج و اطلاعات حاصل..... ۲۱
- ۲-۴-۳ مطالعات ژئوسیسیمیک..... ۲۲
- ۱-۴-۳-۲ مقدمه..... ۲۲
- ۲-۴-۳-۲ روش لرزه‌ای شکست مرزی..... ۲۲
- ۳-۴-۳-۲-۱ اندازه‌گیری‌های صحرایی..... ۲۳
- ۴-۴-۳-۲-۲ تفسیر نتایج و اطلاعات حاصل..... ۲۴
- ۳-۴-۳-۲-۳ مطالعات لرزه‌ای درون‌چاهی..... ۲۴
- ۱-۴-۳-۲-۴ اندازه‌گیری‌های صحرایی..... ۲۶



۲۶.....	۳-۲-۲-۴-۲ تفسیر نتایج و اطلاعات حاصل
۲۷.....	۳-۴-۳ مطالعات میکروترمور
۲۷.....	۳-۴-۱ مقدمه
۲۸.....	۳-۴-۲ دسته‌بندی انواع ساختگاه بر اساس فرکانس
۲۸.....	۳-۴-۳ انواع میکروترمورها
۲۹.....	۳-۴-۴ روش‌های استفاده از میکروترمورها در تعیین اثرات ساختگاهی
۲۹.....	۳-۴-۵ نکات مهم در برداشت اطلاعات میکروترمور
۳۱.....	۳-۴-۶ روشهای آنالیز میکروترمور

فصل چهارم: مطالعات ژئوتکنیک

۳۵.....	۴-۱ مقدمه
۳۵.....	۴-۲ تعاریف و مفاهیم کاربردی
۳۵.....	۴-۲-۱ خاک و سنگ
۳۵.....	۴-۲-۲ نقشه سنگ بستر طبیعی
۳۶.....	۴-۳ جمع آوری اطلاعات موجود
۳۶.....	۴-۳-۱ شناسایی منابع موجود
۳۶.....	۴-۳-۲ طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز
۳۷.....	۴-۴ مطالعات تکمیلی
۳۷.....	۴-۴-۱ مقدمه
۳۷.....	۴-۴-۲ حفاری (عمق و فواصل)
۳۷.....	۴-۴-۳ روش‌های حفاری
۴۱.....	۴-۴-۴ نمونه‌برداری
۴۱.....	۴-۴-۵ تهیه لوگ حفاری
۴۳.....	۴-۴-۶ آزمایش نفوذ مخروط
۴۳.....	۴-۴-۷ آزمون تعیین دانسیته درجا
۴۴.....	۴-۴-۸ آزمون‌های آزمایشگاهی
۴۴.....	۴-۴-۸ تفسیر نتایج و اطلاعات حاصل



مصل پنجم: نتایج حاصل از مطالعات مختلف و ارائه نقشه‌های نهایی

۴۷.....	۱-۵ مقدمه
۴۷.....	۲-۵ حداقل نقشه‌های مورد نیاز
۴۷.....	۱-۲-۵ نقشه گسل‌های موجود در منطقه
۴۸.....	۲-۲-۵ نقشه توپوگرافی محدوده مورد مطالعه
۴۸.....	۳-۲-۵ نقشه توزیع آب زیرزمینی
۴۸.....	۴-۲-۵ نقشه سرعت امواج برشی و تراکمی در لایه‌های مختلف
۴۸.....	۵-۲-۵ نقشه توزیع ضخامت لایه‌های مختلف
۴۸.....	۶-۲-۵ نقشه توزیع نسبت پواسون در لایه‌های مختلف
۴۸.....	۷-۲-۵ نقشه سرعت امواج برشی و تراکمی در اعماق مختلف
۴۸.....	۸-۲-۵ نقشه عمق سنگ بستر لرزه‌ای
۴۹.....	۹-۲-۵ نقشه سرعت امواج برشی و تراکمی در سنگ بستر لرزه‌ای
۴۹.....	۱۰-۲-۵ نقشه توزیع میانگین سرعت امواج برشی
۴۹.....	۱۱-۲-۵ نقشه توزیع لیتولوژی در اعماق مختلف
۴۹.....	۱۲-۲-۵ نقشه مسیر پروفیل‌های ژئوتکنیکی
۴۹.....	۱۳-۲-۵ نقشه مقاطع عرضی ژئوتکنیکی
۴۹.....	۱۴-۲-۵ نقشه زمین‌شناسی سنگ بستر طبیعی
۴۹.....	۱۵-۲-۵ نقشه نوع زمین بر اساس استاندارد ۲۸۰۰
۵۰.....	۱۶-۲-۵ نقشه پربندی ضریب بزرگنمایی بر اساس مطالعات میکروترمور
۵۰.....	۱۷-۲-۵ نقشه پربندی پریود غالب بر اساس مطالعات میکروترمور

فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۴	جدول ۱-۱ طبقه‌بندی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
۱۳	جدول ۱-۲ راهنمای تشخیص ساخت‌های چین خورده در صحرا و روی نقشه
۱۹	جدول ۱-۳ روش‌های ژئوالکتریکی پیشنهادی در مطالعات ژئوفیزیک ساختگاهی
۲۰	جدول ۲-۲ جدول عملیات صحرایی روش ژئوالکتریکی
۲۲	جدول ۳-۳ مشخصات روش لرزه‌ای شکست مرزی و درون‌چاهی
۲۴	جدول ۴-۲ مشخصات عملیات صحرایی روش لرزه نگاری شکست مرزی
۲۶	جدول ۵-۳ مشخصات روش درون‌چاهی و اندازه‌گیری‌های صحرایی آن
	جدول ۶-۳ طبقه‌بندی روش‌های تعیین مشخصات ساختگاه با استفاده از اندازه‌گیری‌های میکروترمور
۲۹	جدول ۷-۳ عوامل تأثیرگذار در برداشت اطلاعات میکروترمور
۳۸	جدول ۱-۴ انواع عملیات حفاری
۴۲	جدول ۲-۴ روش‌های مختلف نمونه‌گیری
۴۵	جدول ۳-۴ جدول آزمایش‌های مورد نیاز
۴۶	جدول ۴-۴ آزمایشات مورد نیاز برای هر روش به منظور تهیه نمودارهای رفتاری

فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۲	شکل ۱-۱ مراحل انجام مطالعات ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای
	شکل ۲-۱ انواع ترکیبات نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی بر پایه معیارهای هدف، محتوا و مقیاس
۳	

زلزله یکی از سوانح طبیعی است که هر چند سال خسارات مالی و جانی فراوانی را در ایران سبب گردیده است. امروزه مطالعات ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای به عنوان برنامه‌ریزی بنیادی پژوهش در لایای طبیعی تلقی می‌شود که یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی در مناطق شهری است. لذا یکسان‌سازی مطالعات نیازمند تدوین راهنما و یا دستورالعمل می‌باشد. در این راستا راهنمای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی برای ریزپهنه‌بندی رزه‌ای در مناطق شهری، در پنج فصل و دو پیوست تهیه شده است که بر پایه مطالعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیک و ژئوتکنیک استوار می‌باشد. برای هر کدام از این مطالعات سه مرحله جمع‌آوری اطلاعات وجود و طبقه‌بندی آنها، برنامه‌ریزی و مطالعات تکمیلی و در نهایت تحلیل نتایج حاصل از مطالعات در نظر گرفته شده است. در هر مرحله تلاش بر این است که کمبودها و نقایص مطالعات قبلی تا حد امکان پوشش داده شود تا در طی مطالعات ژئوتکنیک کلیه اطلاعات مورد نیاز جهت حصول به تراکم مناسب داده‌ها در شبکه اطلاعاتی و تهیه نقشه‌های نهایی جمع‌آوری گردند. بعد از طی مراحل ذکر شده نتایج نهایی پس از تفسیر با یکدیگر تلفیق شده و در قالب نقشه‌های مطلوب برای ریزپهنه‌بندی رزه‌ای تولید می‌شوند. در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک می‌توان موارد و پارامترهای گوناگونی از شرایط ساختگاه را مورد بررسی و مطالعه قرار داد. مطالعات ژئوفیزیک ساختگاهی نقش تعیین‌کننده دارد. روش‌های ژئوفیزیک در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. کاربرد و محدودیت‌های برخی روش‌ها در مطالعات صحرایی در بین راهنما معرفی می‌گردند.

مطالعات زمین‌شناسی مهندسی در قالب شناسایی سطحی و زیرسطحی انجام می‌شود. مطالعات ژئوفیزیک به منظور تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی با توجه به محدودیت‌های اجرای عملیات، مکانات و توانمندی‌ها، شامل روش ژئوالکتریک، روش‌های انکساری (با چشمه غیر انفجاری) و درون‌چاهی و روش اندازه‌گیری میکروترمور معرفی می‌گردند. روش ژئوالکتریک مقاومت الکتریکی طاهری لایه‌های زمین را اندازه‌گیری می‌نماید. پارامترهای اصلی اندازه‌گیری شونده در روش‌های انکساری و درون‌چاهی، سرعت امواج الاستیک تراکمی و برشی است. روش میکروترمورها در اندازه‌گیری پرپود طبیعی زمین و میزان بزرگنمایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از مراحل اصلی عملیات شناسایی ساختگاه انجام مطالعات ژئوتکنیک است. با توجه به هزینه یاد این عملیات و وقت‌گیر بودن آن، باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که تعداد بهینه گمانه‌ها و یا چاهک‌های آزمون و همچنین عمق مورد نیاز آنها تعیین شوند و با حداقل تعداد و عمق، مطلوب‌ترین نتایج حاصل شوند.

چگونگی ارزیابی نتایج در شناسایی هر چه بهتر انواع خاک و تعیین خصوصیات رفتاری آن در



مخاطرات زمین‌شناسی، تشریح شده و به نحوه درونیابی و شبیه‌سازی گمانه‌ها با استفاده از داده‌های ژئوسیسیمیک و ژئوتکنیک به منظور تعیین نوع، گسترش و ضخامت لایه‌های مختلف خاک و تهیه مقاطع عرضی پرداخته می‌شود.

www.ketab.ir